

Критерии выбора АЦП компании Texas Instruments

ПЕТР ЧЕРЕМИСОВ, ti@compel.ru

Аналого-цифровые преобразователи Texas Instruments различаются по частоте дискретизации, типу преобразования (дельта-сигма, последовательного приближения и конвейерного типа), разрядности, количеству входных каналов, количеству и типам интегрированных периферийных устройств. Статья поможет разработчикам определиться с критериями выбора.

Компания Texas Instruments производит АЦП для широкого спектра применений:

- АЦП с малой частотой дискретизации (до 100 кГц) и высокой разрешающей способностью используются, в основном, в промышленных датчиках физических величин. Большинство промышленных датчиков температуры, давления, силы и потока применяются для измерения медленно меняющихся параметров в статических режимах.
- АЦП со средними частотами дискретизации (до 4 МГц) применяются в акустических системах с цифровой обработкой сигналов, системах сбора данных, промышленных

контроллерах, системах управления технологическими процессами, системах управления двигателями, системах контроля питания. При этом разрешающей способности 12–16 бит вполне достаточно для обеспечения требуемого функционала устройства.

– В приложениях с высокими частотами дискретизации (до 1000 МГц), высокоскоростных системах цифровой обработки сигналов, портативной высокоскоростной контрольно-измерительной технике, быстродействующих системах управления, телекоммуникациях, осциллографах, фототехнике и управлении двигателем основным требованием к АЦП является высокая скорость преобразования.

Основными типами АЦП, выпускаемыми компанией Texas Instruments, являются: АЦП последовательного приближения (SAR), сигма-дельта АЦП ($\Delta\Sigma$), конвейерные АЦП (pipeline).

На рисунке 1 представлено соответствие скорости преобразования и разрешающей способности для трех основных типов интегральных аналого-цифровых преобразователей.

На рисунке 2 показаны основные области применения трех наиболее популярных типов интегральных аналого-цифровых преобразователей.

Рассмотрим критерии выбора интегральных аналого-цифровых преобразователей.

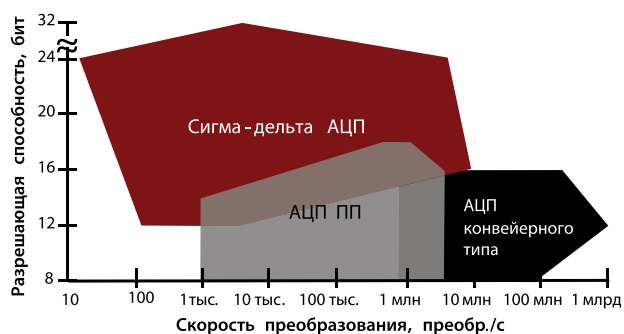
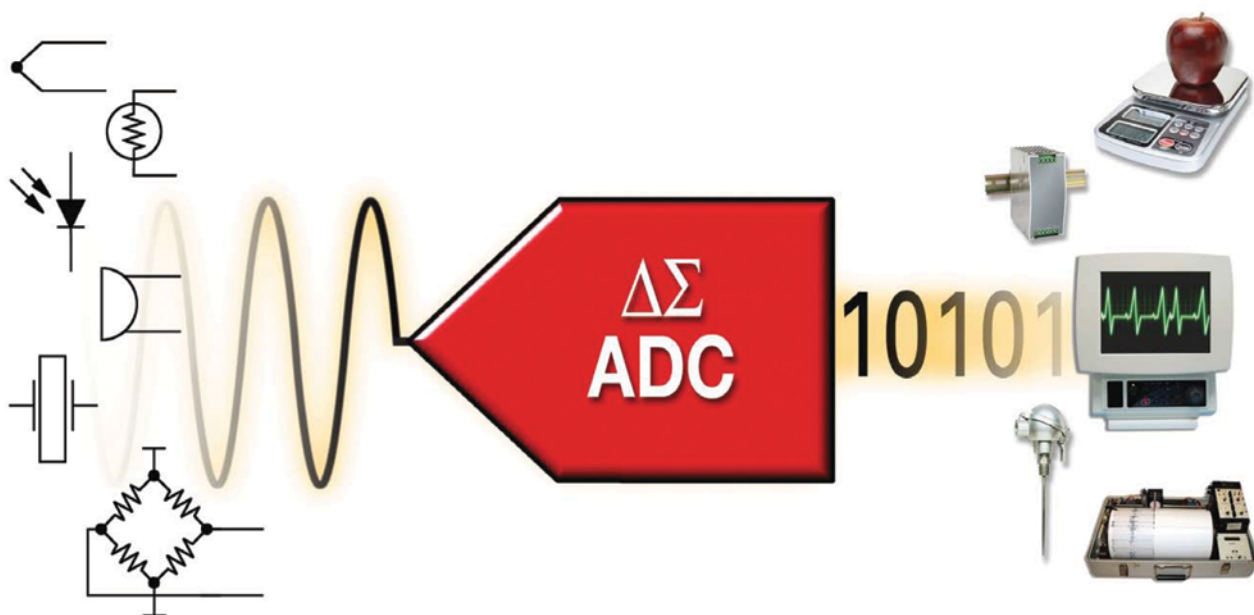


Рис. 1. Распределение типов АЦП по скорости и разрешающей способности

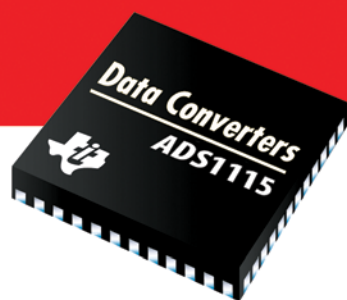
АЦП Texas Instruments		
Сигма-дельта АЦП	АЦП последовательного приближения	АЦП конвейерного типа
<p>ADS10xx ...</p> <p>ADS12xx ADS16xx</p> <p>12–31 бит</p> <p>до 128×10^3 преобр./с</p>	<p>ADS72xx ...</p> <p>ADS85xx</p> <p>8–18 бит</p> <p>до 4×10^6 преобр./с</p>	<p>ADS4xxx ...</p> <p>ADS6xxx</p> <p>10–16 бит</p> <p>до 1×10^9 преобр./с</p>
<p>ПРИЛОЖЕНИЯ</p> <p>Измерение низкочастотного сигнала с высоким разрешением. Измерение температуры, давления, уровня, сейсмической активности</p>	<p>ПРИЛОЖЕНИЯ</p> <p>Управление технологическими процессами, системы управления двигателями, системы контроля цепей питания, системы координатного перемещения и системы управления качеством питания</p>	<p>ПРИЛОЖЕНИЯ</p> <p>Телекоммуникации, обработка видеосигнала, научные исследования, высокоскоростная измерительная аппаратура</p>

Рис. 2. Области применения различных типов АЦП

ADS1115 для приложений с низким энергопотреблением



 **TEXAS
INSTRUMENTS**



Ключевые особенности

- Корпус QFN (RUG): 2,0 x 1,5 x 0,4 мм
- Производительность: 8...860 SPS
- Ток питания: 150 мкА
- Напряжение питания: 2,0...5,5 В
- Тактовый генератор и ИОН
- Датчик температуры (только для ADS1118)
- Усилитель с программируемым КУ (x2/3, x1, x2, x4, x8, x16) (только для ADS1115/14/18)
- Компаратор (Только для ADS1115 и ADS1114)
- 4-канальный мультиплексор на входе (ADS1115/18)
- Смещение напряжения: 100 мкВ
- Расширенный температурный диапазон: -40...125°C

Наименование	ADS1013	ADS1014	ADS1015	ADS1113	ADS1114	ADS1115	ADS1118
Разрядность (Бит)	12	12	12	16	16	16	16
Производительность	3.3kSPS	3.3kSPS	3.3kSPS	860SPS	860SPS	860SPS	860SPS
Потребление (мВт)	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.3
Диапазон входных сигналов	±2.048V	±4.096V/PGA (2/3-16)	±4.096V/PGA (2/3-16)	±2.048V	±4.096V/PGA (2/3-16)	±4.096V/PGA (2/3-16)	±4.096V/PGA (2/3-16)
ИОН	внутр	внутр	внутр	внутр	внутр	внутр	внутр
Корпус	10MSOP, 10X2QFN	10MSOP, 10X2QFN	10MSOP, 10X2QFN	10MSOP, 10X2QFN	10MSOP, 10X2QFN	10MSOP, 10X2QFN	10MSOP, 10X2QFN
Количество каналов	1	1	4	1	1	4	4

 **ЗАКАЗ И ПОСТАВКА ОБРАЗЦОВ УЖЕ СЕЙЧАС СО СКЛАДА В МОСКВЕ**

Поддержка проектов:
E-mail: ti@compel.ru
www.compel.ru/projects-support

 **Компэл**
www.compel.ru

КРИТЕРИИ ВЫБОРА СИГМА-ДЕЛЬТА АЦП

Архитектура сигма-дельта АЦП позволяет уменьшить погрешность, вносимую шумами. При этом можно повысить разрешающую способность за счет усреднения результатов измерений. Сигма-дельта преобразователь измеряет входной сигнал в течение определенного времени и формирует цифровой код, соответствующий среднему значению сигнала за это время.

Основные узлы АЦП — это сигма-дельта модулятор, цифровой фильтр и дециматор. На рисунке 3 представлена обобщенная схема упрощенного сигма-дельта АЦП.

Преобразователи сигма-дельта могут иметь очень высокое разрешение и прекрасно подходят для преобразования сигналов в широком диапазоне частот от постоянного тока до нескольких мегагерц. Входной сигнал в сигма-дельта АЦП передискретизируется модулятором, затем фильтруется цифровым фильтром и прореживается дециматором. В результате получается поток данных с высоким разрешением и пониженной частотой дискретизации.

Сигма-дельта АЦП обычно применяются в приложениях, где разрешающая способность аналого-цифрового преобразования является главным параметром. Номенклатура сигма-дельта АЦП компании Texas Instruments (TI) включает в себя преобразователи с разрешающей способностью 12—31 бит. Частоты дискретизации сигма-дельта АЦП варьируются в диапазоне 8—128 тыс. преобразований в секунду. К преобразователям с архитектурой сигма-дельта относятся серии АЦП **ADS10xx**, **ADS11xx**, **ADS12xx**, **ADS16xx**.

Как правило, интегральные сигма-дельта АЦП имеют в своем составе различные периферийные устройства: программируемые усилители, источники тока, источники опорного напряжения, входные буферы, мультиплексоры, а также различные наборы коммуникационных интерфейсов: последовательный интерфейс, SPI, UART, I2C.

Для приложений, где необходимы малое энергопотребление, малый размер корпуса для улучшения трассировочной способности, малая стоимость АЦП, но при этом не требуется высокая разрешающая способность, компания TI производит следующие серии сигма-дельта АЦП: **ADS111x**, **ADS101x**, **ADS120x**. Эти серии АЦП отличаются пониженным энергопотреблением (до 200 мкА при 23°C), малым размером корпусов, а некоторые модели имеют несколько входных каналов. Ряд моделей содержит лишь сигма-дельта модулятор и выходной цифровой интерфейс (**ADS1013** и **ADS1113**). Цифровую фильтрацию в таких случаях реализует сам разработчик программным способом. Скорость преобразований варьируется в диапазоне 8—40000 преобразований в секунду, разрешающая способность — от 12 до 16 бит.

К примеру, в состав **ADS1115** входят программируемый компаратор, входной мультиплексор, программируемый усилитель, внутренний источник тактирования, внутренний источник опорного напряжения, четыре несимметричных или два дифференциальных входа, выходной интерфейс I2C. Скорость преобразований **ADS1115** настраивается программно и варьируется в пределах 8—860 преобразований в секунду.

На рисунке 4 изображена структурная схема сигма-дельта АЦП **ADS1115**.

Для построения прецизионных измерительных схем компания TI разработала следующие АЦП: **ADS128x**, **ADS1259**, **ADS1278**. АЦП этих серий отличаются высокой разрешающей способностью (от 16 до 32 бит), высоким отношением сигнал/шум (130 дБ), малым временем ожидания данных (42 мкс/канал), и имеют до восьми входных каналов. **ADS1282** имеет в своем составе малошумящий программируемый усилитель, двухканальный входной мультиплексор, программируемый фильтр верхних частот, SPI. Разрешение составляет 31 бит, а скорость преобразо-

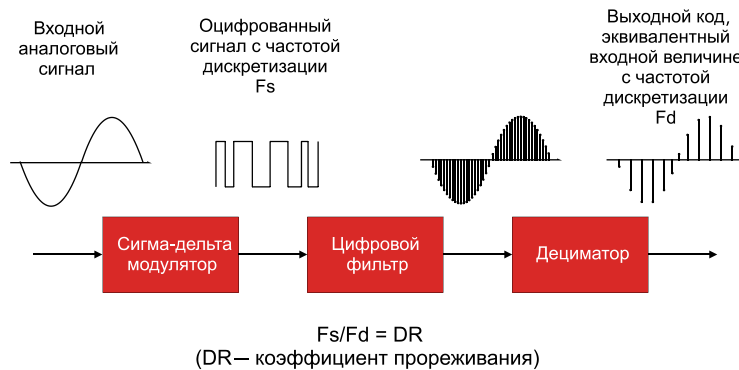


Рис. 3. Структура сигма-дельта АЦП

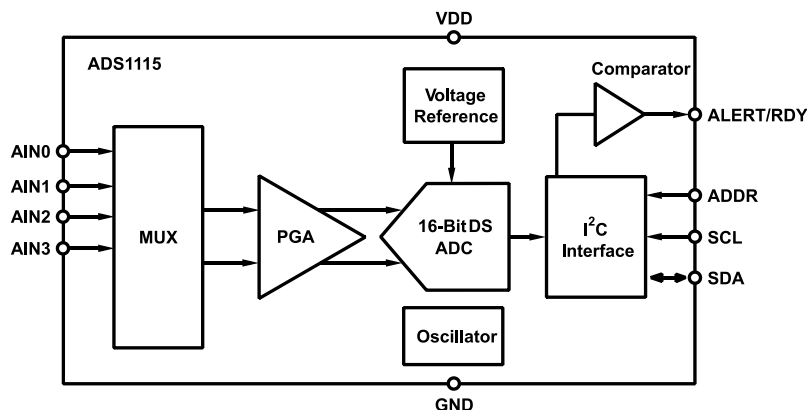


Рис. 4. Структурная схема **ADS1115**

вания — от 250 преобразований в секунду до 4 тыс. преобразований в секунду.

Приложения, требующие широкой полосы пропускания, могут быть построены с использованием серии **ADS16xx**. Эти АЦП предназначены, в первую очередь, для работы в подобных системах, где важным критерием также является разрешающая способность. АЦП этой серии имеют разрешающую способность 16–24 бит и скорость до 10 млн преобразований в секунду.

Для интегрирования в различные системы компания TI производит АЦП со специальным набором периферии, например, АЦП для системы управления двигателем (**АМС12xx**), а также серии АЦП для интеграции в измерительные системы и устройства **ADS124x**, **ADS123x**. Скорость преобразования этих серий лежит в диапазоне от нескольких до 40 тыс. преобразований в секунду, а разрешающая способность достигает 24 бит.

КРИТЕРИИ ВЫБОРА АЦП ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ПРИБЛИЖЕНИЯ

АЦП последовательного приближения (SAR) работает по принципу весов. В преобразователе последовательного приближения в роли неизвестного веса выступает входной сигнал, из которого происходит выборка и хранение. Затем это напряжение сравнивается с последующими известными значениями напряжения, и результаты выводятся преобразователем. В отличие от весов, преобразование происходит очень быстро путем перераспределения заряда. Поскольку АЦП ПП делает выборку входного сигнала и хранит измеренное значение до завершения преобразования, сигнал не обязательно должен быть непрерывным.

На рисунке 5 изображена структурная схема АЦП последовательного приближения.

На рисунке 6 представлена временная диаграмма работы АЦП последовательного приближения.

АЦП последовательного приближения (ПП) нашли свое применение в системах, где разрешающая способность до 18 бит является достаточной. АЦП ПП являются более бюджетным вариантом по сравнению с сигма-дельта АЦП благодаря хорошо отработанной и недорогой технологии производства. Компания TI производит АЦП ПП для различных применений с частотой дискретизации до 4 млн. операций в секунду и разрешением от 8 до 18 бит. АЦП ПП фирмы TI применяются в системах управления технологическими процессами, системах управления двигателями, системах контроля цепей питания, системах координатного перемещения и системах управления качеством питания.

В приложениях, где точность является важным критерием, компания TI предлагает линейку прецизионных АЦП с частотой преобразования до 4 млн. операций в секунду, и разрешающей способностью до 18 бит: **ADS8422**, **ADS8284**, **ADS788x**. Отличительные особенности этой линейки преобразователей заключаются в сохранении высокой точности преобразования при работе на высоких скоростях преобразования.

Для использования в приложениях, где требуется синхронное (одновременное) преобразование данных, компания TI выпускает серии АЦП ПП, представляющие собой микросхемы с интегрированными многоканальными АЦП: **ADS786x**, **ADS836x**. Такие АЦП используются в системах управления двигателем, контроля трехфазных цепей питания, трехмерного позиционирования и т.п. Разрешение АЦП этих серий варьируется от 12 до 16 бит, а скорость преобразования достигает 0,5 млн. операций в секунду.

Для малогабаритных приложений и приложений, предъявляющих требования к стоимости АЦП, TI пред-

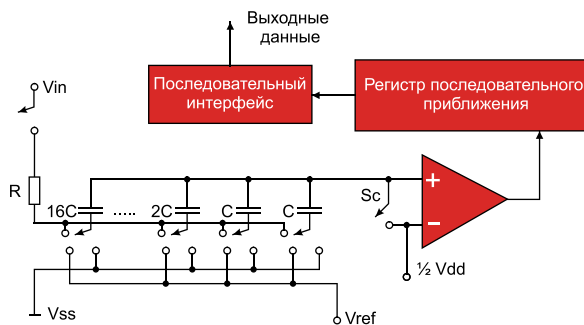


Рис. 5. Структурная схема АЦП последовательного приближения

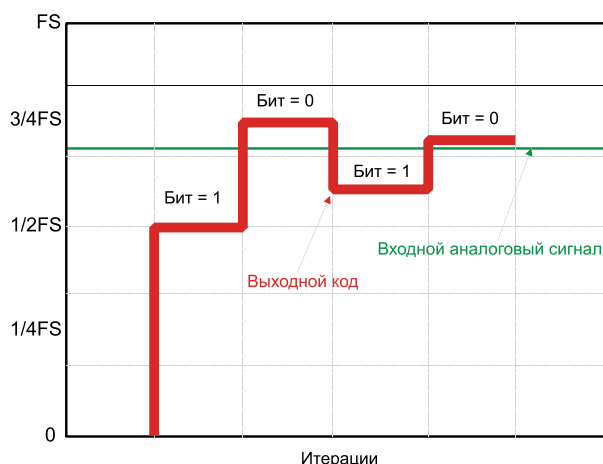


Рис. 6. Временная диаграмма работы АЦП последовательного приближения

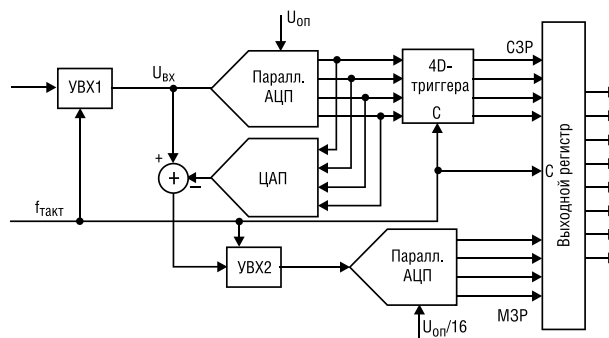


Рис. 7. Структурная схема АЦП конвейерного типа

лагает линейки экономичных АЦП: **ADS7229**, **ADS795x**, **ADS8317**, **ADS833x**. Отличительными особенностями этих серий являются низкая стоимость, малые размеры корпуса, малое энергопотребление.

КРИТЕРИИ ВЫБОРА АЦП КОНВЕЙЕРНОГО ТИПА

Конвейерный принцип многоступенчатой обработки входного сигнала позволяет найти оптимальный компромисс между разрядностью, быстродействием и сложностью топологии АЦП. На первом шаге производится грубое преобразование (с низким разрешением). Далее определяется разница между входным и аналоговым сигналом, соответствующим результату грубого кода. На втором шаге найденная разница подвергается преобразованию, и полученный код объединяется

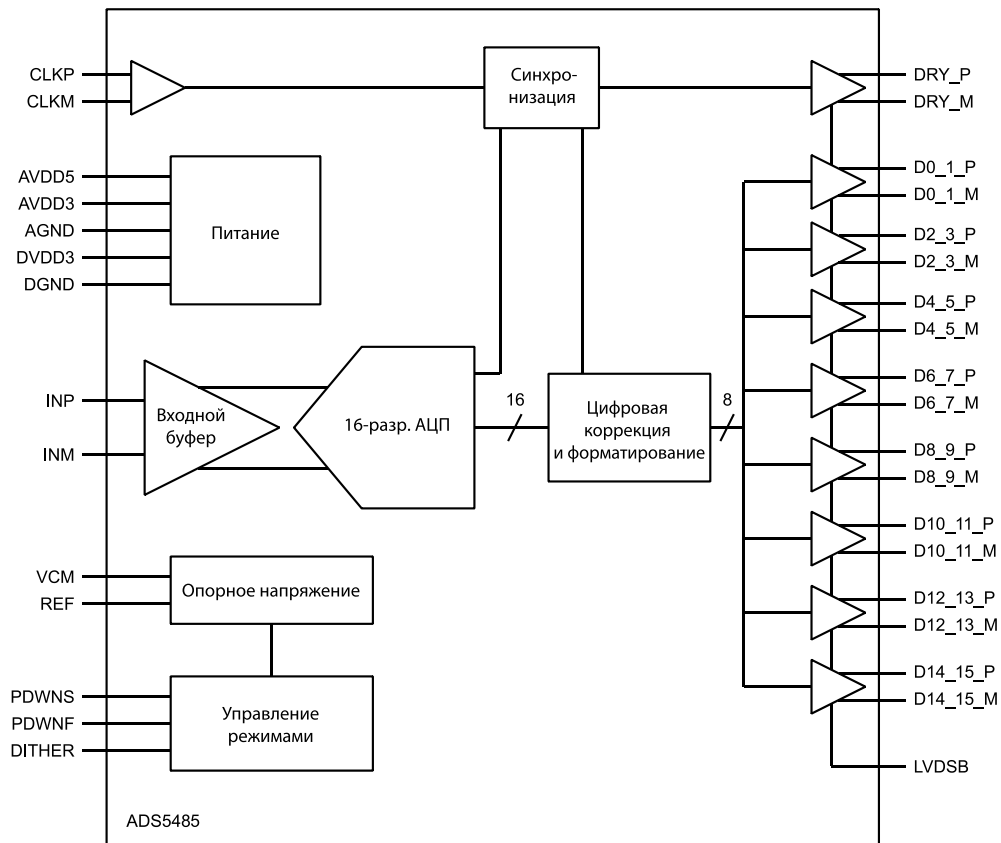


Рис. 8. Структурная схема ADS5485

с грубым кодом для получения полного выходного цифрового значения.

На рисунке 7 представлена структурная схема АЦП конвейерного типа.

Аналого-цифровые преобразователи конвейерного типа являются подклассом параллельных АЦП и используются в высокоскоростных приложениях. Обычно разрешающая способность таких АЦП не превышает 16 разрядов. Это связано с повышением стоимости и времени преобразования при увеличении разрешающей способности. В номенклатуре компании TI имеется широкий выбор АЦП конвейерного типа для применений в различных областях — телекоммуникациях, обработке видеосигнала, научных исследованиях и т.д. Скорость преобразования АЦП компании TI достигает 1×10^9 преобразований в секунду. Разрешающая способность варьируется в пределах 8—18 бит.

Для приложений, где главными критериями являются невысокая стоимость, малогабаритный корпус и малое потребление, у компании TI имеется серия малопотребляющих высокоскоростных АЦП ADS52xx. Разрешающая способность этой серии варьируется в пределах 10—12 бит, а скорость преобразования — от 40 до 70 млн преобразований в секунду. Эта серия АЦП используется в устройствах связи, обработки изображений, в медицинской технике.

Серии АЦП ADS4xxx, ADS6xxx, ADS55xx являются высокоскоростными преобразователями с низким потреблением и разрешающей способностью до 16 бит. Отличительными особенностями данных линеек АЦП являются высокая точность преобразования, высокое соотношение сигнал/шум и малое потребление. Они нашли применение в системах связи, обработки изображения, портативной контрольной аппаратуре и т.д. Скорость преобразования АЦП этих серий достигает до 250 млн операций в секунду.

Для высокоскоростных преобразований (до 1000 млн операций в секунду) TI выпустила серию высокоскоростных конвейерных АЦП с высокой точностью преобразования ADS54xx. Такие АЦП находят применение в высокоскоростной контрольно-измерительной аппаратуре (осциллографы, логические анализаторы).

К примеру, АЦП конвейерного типа ADS5485 содержит входной буфер с высоким входным импедансом, LVDS-совместимый выходной интерфейс и имеет скорость преобразования 200 млн/с и разрешающую способность 16 бит.

На рисунке 8 изображена структурная схема АЦП конвейерного типа ADS5485.

Для корректного выбора АЦП недостаточно знать только быстродействие и разрядность преобразователя. Преобразователи с одинаковой разрешающей способностью и частотой могут произвести преобразование сигнала по-разному. Поэтому при выборе АЦП необходимо проводить детальный анализ метрологических характеристик, параметров, указанных в документации к конкретному преобразователю. К метрологическим характеристикам, требующим внимания, относятся аддитивная погрешность (Offset Error), мультипликативная погрешность (Gain Error), дифференциальная нелинейность (DNL), интегральная нелинейность (INL), SFDR (динамический диапазон, свободный от паразитных составляющих), отношение сигнал/шум (SNR), коэффициент гармонических искажений (THD), коэффициент гармонических искажений плюс шум (THD+N), отношение сигнал/шум плюс искажения (SINAD), эффективное количество бит (ENOB).

Texas Instruments производит для самых разных областей применения более 500 различных АЦП, предназначенных для большинства современных приложений.

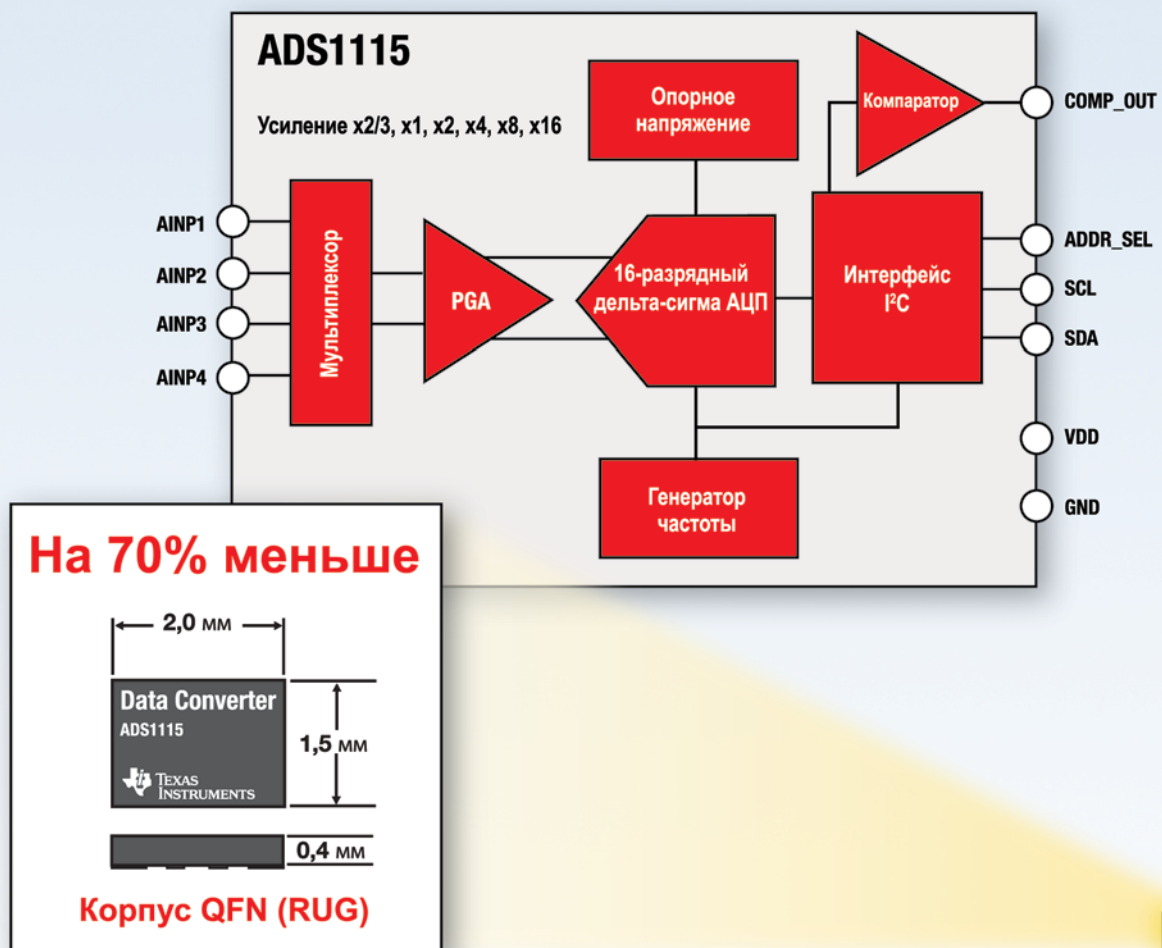
Самый миниатюрный 16-разрядный АЦП

Лучше один раз увидеть...

Новое семейство АЦП **ADS1115** — это самые миниатюрные в отрасли 16-разрядные АЦП в сверхмалых безвыводных корпусах QFN размером всего 2,0 x 1,5 x 0,4 мм. Новинка разработана для обеспечения точности, эффективности энергопотребления и простоты реализации. Семейство устройств ADS1115 осуществляет преобразование с программируемой скоростью передачи данных до 860 SPS, потребляя лишь 150 мкА питающего тока (в типовых применениях) и работая при напряжениях до 2 В. Опции семейства изделий обеспечивают масштабируемую интеграцию и гибкость, нужные для портативных промышленных и бытовых приложений. **High-Performance Analog >> Your Way™**.

www.ti.com/ads1115ru

Получить образцы и оценочные модули можно уже сегодня.



Корпус QFN (RUG)

 **TEXAS
INSTRUMENTS**